



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Determinación y análisis integral de impactos de la agroindustria rural de almidón de yuca en Cauca Colombia

Luis Alejandro Taborda Andrade

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Doctorado en Agroecología
Sede Palmira
2018

Determinación y análisis integral de impactos de la agroindustria rural de almidón de yuca en Cauca Colombia

Luis Alejandro Taborda Andrade

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Doctorado en Agroecología

Directores:

Ph.D., Mario A. García D.

Ph.D., Thierry Tran

Línea de Investigación:

Línea de Investigación Agroecología aplicada

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Doctorado en Agroecología
Sede Palmira
Mayo 2018

Agradecimientos

El autor expresa sus agradecimientos:

- A Jehová Dios por guiarme y llevarme de su mano
- A mi madre por apoyo incondicional
- A mi esposa por su paciencia y amor
- A mis hijas por darme la motivación para culminar este logro
- Al doctor Thierry Tran, Mario García, Dominique Dufour, por su guía, tiempo, apoyo y paciencia.
- A mis jurados Carlos Ariel Cardona, Nancy Barrera, Leonor Patricia Guereca, por su revisión, tiempo y críticas constructivas.
- A las instituciones COLCIENCIAS, COLFUTURO, UNAL, CIAT, CIRAD, Instituto De Ingeniería de UNAM, y sus funcionarios que hicieron posible el desarrollo de esta investigación.
- A Gabriel De La Cruz, Marco Franco y Jorge Vélez por sus valiosos consejos.
- A Eider Granda, Javier Sánchez, Martín Moreno, Gustavo Vélez y demás rallanderos que facilitaron información y soporte en la investigación.
- A mis docentes, compañeros, amigos, colegas.
- Al grupo de Investigación Agroecología.
- A todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron a la culminación de la presente investigación, a todos mil y mil gracias.

Contenido

Pág.

1. Capítulo 1. Análisis del ciclo de vida social en la cadena de valor de almidón de yuca en Cauca Colombia	3
1.1 Introducción.....	4
1.2 Metodología	7
1.2.1 Definición de objetivo y alcance:.....	7
1.2.2 Análisis de Inventario del Ciclo De Vida Social	10
1.2.3 Análisis de impactos de ciclo de vida.....	12
Puntaje	14
1.3 Resultados y discusión.....	16
1.4 . Bibliografía	23
 2. Capítulo 2. Análisis de ciclo de vida ambiental de la cadena de valor del almidón agro de yuca en Cauca Colombia	27
2.1 Introducción.....	28
2.1.1 Producción de almidón de yuca	28
2.1.2 Consideraciones ambientales sobre la producción de almidón de yuca.....	29
2.2 Análisis de Ciclo de Vida Ambiental (ACV).....	30
2.3 Materiales y métodos	31
2.3.1 ACV ambiental.....	31
2.3.2 Recolección de datos	33
2.3.3 Toma de agua y efluentes	34
2.3.4 Consumo de energía	35
2.3.5 Calculo de emisiones en el campo.....	36
2.3.6 Medición de emisiones de N ₂ O por efecto de la fertilización en cultivos de yuca	37
2.3.7 Datos secundarios	38
2.3.8 Calidad de datos.....	38
2.4 Resultados y discusión.....	39
2.4.1 Emisiones de N ₂ O por fertilización en cultivos de yuca	39
2.4.2 Evaluación de los impactos del ciclo de vida ambiental	40
2.4.3 Producción de yuca	41
2.4.4 Transporte de yuca.....	42
2.4.5 Unidades de procesamiento de yuca (rallanderías)	43
2.4.6 Puntos críticos (“Hotspots”) y potencial de mejora	45
2.5 Interpretación / Discusión. Fiabilidad de los resultados	47
2.6 Bibliografía	47

3. Capítulo 3. Análisis de Escenarios: Pasado Presente Y Futuro de la Producción de Almidón Agrio de Yuca en Cauca Colombia	51
3.1 Introducción	52
3.2 Materiales y métodos	53
3.3 Resultados y discusión.	55
3.3.1 Aspectos generales.....	55
3.3.2 Aspectos sociales.....	58
3.3.3 Aspectos Tecnológicos y producción.....	61
3.3.4 Aspectos ambientales	67
3.4 Futuro de la agroindustria de almidón de yuca en Cauca Colombia.....	70
3.5 Bibliografía.....	72
4. Conclusiones y recomendaciones	75
4.1 Sostenibilidad Social en la agroindustria del almidón de yuca en Cauca	75
4.2 Sostenibilidad Ambiental en la agroindustria del almidón de yuca en Cauca	76
4.3 Análisis de escenarios en la sostenibilidad de la agroindustria rural de almidón de yuca.....	77

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1. Zonas de producción de almidón y Yuca en Cauca Colombia.....	7
Figura 1-2. Procesos implicados en la cadena de valor de almidón de yuca. Límite del sistema de S-LCA. Unidad Funcional.	8
Figura 1-3. Estrategias para colección de datos de partes interesadas y categorías de análisis para S-LCA.....	11
Figura 1-4. Contribución relativa de los indicadores sociales determinadas en las categorías de impactos para procesos CP, CSP, y B.	17
Figura 1-5. Contribución relativa de los indicadores sociales determinadas en las categorías de impactos para HTL, MTL y LTL.....	21
Figura 2-1. Flujo neto acumulado de emisiones generadas por fertilización orgánica, mineral y testigo medidos en $\text{mg N}_2\text{O m}^{-2}$.....	39
Figura 2-2. : Selección de impactos ambientales potenciales de la cadena de valor de almidón agro de yuca, por categoría de impacto.....	41
Figura 2-3. Emisiones ($\text{Kg CO}_2\text{eq}$) producidas por los procesos lavado, rallado, y colado en los tres diferentes niveles tecnológicos.	43
Figura 2-4. a) Consumo de agua (m^3) por 1 ton de almidón de yuca producido en LT, MT y HT. b) Eco-toxicidad de agua fresca generada por efluentes en LT, MT y HT.	45
Figura 3-1. Participación de la familia y la comunidad en las rallanderías. 1995 vs 2017.....	59
Figura 3-2. Género de empleados rallanderías en 1995 vs 2017	60

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1. Categorías, Subcategorías de impacto, indicadores medidos y niveles de riesgo determinados.....	10
Tabla 1-2. Tiempo en horas por Unidad funcional.....	12
Tabla 1-3. S-LCIA usando PSILCA (Ciroth & Eisfeldt, 2016)	13
Tabla 2-1. Conversión de GI N ₂ O: a CO ₂ -eq/kg; para tratamientos de fertilización. .	40
Tabla 3-1. Ejemplo de construcción de encuesta mediante metodología “operalización de variables” adaptado de (Arias 2012).	54
Tabla 3-2. Tipo de clientes del almidón agro de yuca en 1995 y 2017.....	56
Tabla 3-3. Rallanderos que hicieron mejoras (5 años antes de la encuesta) 1995 y 2017.....	56
Tabla 3-4. Tipos de tenencia de rallanderías en 1995 y 2017.....	57
Tabla 3-5. Razón social de las rallanderías en 1995 y 2017.	58
Tabla 3-6. Labor femenina en la producción de almidón agro Caucaño en 1995 y 2017.....	61
Tabla 3-7. Resumen de cambios en producción de almidón entre 1995 y 2017. Adaptado a partir de (Gottret, Henry, and Dufour 2003).....	62
Tabla 3-8. Resumen principales mejoras hechas por los rallanderos en 1995 vs. 2017 por etapa de producción.	63
Tabla 3-9. Fotografías de procesos en extracción de almidón. Comparación entre 1995/2017 y Nivel técnico Bajo “tradicional” / Alto “mecanizado”	65
Tabla 3-10. Disposición y uso de la mancha 1995 vs. 2017	69
Tabla 3-11. Disposición y uso del afrecho 1995 vs. 2017	69

Toxicology and Chemistry (SETAC).

- Cadena, Marly P, Erika C Villarraga, Deivis E Luján, and Jairo G Salcedo. 2006. "Evaluación de La Agroindustria Del Almidón Agrario de Yuca (*Manihot Esculenta* Crantz) En Córdoba y Sucre." *TEMAS AGRARIOS* 11 (4): 43–53.
- Chhipi-Shrestha, Gyan Kumar, Kasun Hewage, and Rehan Sadiq. 2014. "Socializing Sustainability: A Critical Review on Current Development Status of Social Life Cycle Impact Assessment Method." *Clean Technologies and Environmental Policy*, August. doi:10.1007/s10098-014-0841-5.
- Ciroth, Andreas, and Franziska Eisfeldt. 2016. "PSILCA – A Product Social Impact Life Cycle Assessment Database" 1. http://www.openlca.org/wp-content/uploads/2016/08/PSILCA_documentation_v1.1.pdf.
- Colin, X, J-L Farinet, O Rojas, and D Alazard. 2007. "Anaerobic Treatment of Cassava Starch Extraction Wastewater Using a Horizontal Flow Filter with Bamboo as Support." *Bioresource Technology* 98 (8): 1602–7. doi:10.1016/j.biortech.2006.06.020.
- Da, Guillaume, Dominique Dufour, Andres Giraldo, Martin Moreno, Thierry Tran, Gustavo Velez, Teresa Sanchez, Mai Le-Thanh, Claude Marouze, and Pierre-André Marechal. 2013. "Cottage Level Cassava Starch Processing Systems in Colombia and Vietnam." *Food and Bioprocess Technology* 6 (8). Springer: 2213–22.
- Delgado, Martha. 2014. "La Educación Básica y Media En Colombia: Retos En Equidad y Calidad."
- Fajardo, Darío. 2015. "Estudio Sobre Los Orígenes Del Conflicto Social Armado, Razones de Su Persistencia y Sus Efectos Más Profundos En La Sociedad Colombiana." *Conflicto Social y Rebelión Armada En Colombia*.
- Galvis, Luis Armando. 2014. "Aspectos Regionales de La Movilidad Social y La Igualdad de Oportunidades En Colombia." *Revista de Economía Del Rosario* 17 (2). Universidad del Rosario: 257–97.
- García, Juan Camilo Ruiz, and Guadalupe Vargas Montero. 2016. "La Vida Es Una Lucha. La Magia En La Guerra y La Resistencia En El Cauca, Colombia." *Publicación Impresa*.
- Gottret, M, and Dominique L Dufour. 1997. "Proyecto Integrado de Investigación y Desarrollo de La Producción y Transformación de Yuca Para La Obtención y Comercialización de Almidón Agrario de Yuca: Adopción e Impacto." Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Proyecto de Desarrollo de Agroempresas Rurales. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/72050>.
- Gottret, M, G Henry, and D Dufour. 2003. "Caracterización de La Agroindustria de Procesamiento de Almidón Agrario En El Departamento Del Cauca." *Colombia:*

Proyecto de Desarrollo de Agroempresas Rurales, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Palmira, 21p.

Hernández Carrera, Rafael M. 2014. "La Investigación Cualitativa a Través de Entrevistas: Su Análisis Mediante La Teoría Fundamentada." *Cuestiones Pedagógicas*, 23, 187-210. Universidad de Sevilla.

Hernández, César Augusto Merchán. 2014. "Sector Rural Colombiano: Dinámica Laboral y Opciones de Afiliación a La Seguridad Social."

Ibáñez, Ana Maria. 2016. "El Proceso de Paz Con Las Farc: ¿Una Oportunidad Para Reducir La Pobreza Rural y Aumentar La Productividad Agropecuaria?" *Revista de Ingeniería*, no. 44: 8–13.

Mancera, M Á. 2015. "Del Salario Mínimo Al Salario Digno." Mexico: Consejo Económico y Social de la Ciudad de México. Google Scholar.

Marmolejo, Luis, Andrea Pérez, Patricia Torres, Álvaro Cajigas, and Camilo Cruz. 2008. "Aprovechamiento de Los Residuos Sólidos Generados En Pequeñas Industrias de Almidón Agrio de Yuca." *Livestock Research for Rural Development* 20 (7).

Martínez-Blanco, Julia, Annekatrin Lehmann, Pere Muñoz, Assumpció Antón, Marzia Traverso, Joan Rieradevall, and Matthias Finkbeiner. 2014. "Application Challenges for the Social Life Cycle Assessment of Fertilizers within Life Cycle Sustainability Assessment." *Journal of Cleaner Production* 69 (April): 34–48. doi:10.1016/j.jclepro.2014.01.044.

Muthu, Subramanian S. 2015. *Social Life Cycle Assessment*. Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu. Environmental Footprints and Eco-Design of Products and Processes. Singapore: Springer Singapore. doi:10.1007/978-981-287-296-8.

Sala, Serenella, Alessandro Vasta, Lucia Mancini, Jo Dewulf, and Eckehard Rosenbaum. 2015. "Social Life Cycle Assessment-State of the Art and Challenges for Supporting Product Policies." European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Publications Office of the European Union.

Sánchez-Blake, Elvira. 2016. "De Actores Armadas a Sujetos de Paz: Mujeres y Reconciliación En El Conflicto Colombiano." *La Manzana de La Discordia* 7 (2): 7–14.

Sandoval Sierra, NV. 2002. "El Sistema Agroalimentario Localizado de Producción de Almidón Agrio de Yuca En El Departamento Del Cauca, Colombia." *Systèmes Agroalimentaires Localisés (SYAL)*. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/56140>.

Sandoval, Viviana, and Ricardo Ruiz. 2005. "El Rol de Los Recursos Locales En La Evolución de La Agroindustria Rural Del Almidón Agrio de Yuca En El Departamento Del Cauca, Colombia." *AGROALIMENTARIA* 22: 41–47.

- Santoyo-Castelazo, Edgar, and Adisa Azapagic. 2014. "Sustainability Assessment of Energy Systems: Integrating Environmental, Economic and Social Aspects." *Journal of Cleaner Production* 80 (October): 119–38. doi:10.1016/j.jclepro.2014.05.061.
- Taborda A., Luis Alejandro, and Miguel Darío Sosa. 2014. "Un Modelo de Emprendimiento Agrícola a Partir de Educación Superior Rural En La Colombia Profunda." *ISEES: Inclusión Social y Equidad En La Educación Superior*, no. 14. Fundación Equitas: 49–62.
- Taborda Andrade, Luis Alejandro. 2015. "Evaluación Integral de La Agroindustria Rural de Almidón de Yuca En Cauca Colombia, Como Un Potencial Subsistema Agroecológico." In *V Congreso Latinoamericano de Agroecología-SOCLA (La Plata, 2015)*.
- Torres, P., J. Rodriguez, and I. Uribe. 2003. "Tratamiento de Águas Residuales Del Proceso de Extracción de Almidón de Yuca En Filtro Anaerobio: Influencia Del Medio de Soporte." *Scientia et Technica* 3 (23).
- Torres, P, Andrea Pérez, Luis F Marmolejo, José A Ordoñez, and Reniel R García. 2010. "Una Mirada a La Agroindustria de Extracción de Almidón de Yuca, Desde La Estandarización de Procesos." *EIA* 14 (1794–1237): 23–38.
- Tran, Thierry, Guillaume Da, Martín Alonso Moreno-Santander, Gustavo Adolfo Vélez-Hernández, Andrès Giraldo-Toro, Kuakoon Piyachomkwan, Klanarong Sriroth, and Dominique Dufour. 2015. "A Comparison of Energy Use, Water Use and Carbon Footprint of Cassava Starch Production in Thailand, Vietnam and Colombia." *Resources, Conservation and Recycling* 100 (July): 31–40. doi:10.1016/j.resconrec.2015.04.007.
- Tran, Thierry, Kuakoon Piyachomkwan, Guillaume Da, Klanarong Sriroth, and Dominique L Dufour. 2012. "Environmental Impacts and Benefits of Cassava Starch Production Using Life Cycle Assessment (LCA) Thinking." In *The 6th International Conference on Starch Technology, 13-14 February 2012, Centara Grand at Central Plaza Ladprao*.
- UNEP-SETAC. 2009. "Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products." *United Nations Environment Programme*. ISBN, 978–92.
- Wu, Ruqun, Dan Yang, and Jiquan Chen. 2014. "Social Life Cycle Assessment Revisited." *Sustainability* 6 (7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute: 4200–4226. doi:10.3390/su6074200.

Sucre. *TEMAS AGRARIOS*, 11(4), 43–53.

Cellura, M., Longo, S., & Mistretta, M. (2012). Life Cycle Assessment (LCA) of protected crops: an Italian case study. *Journal of Cleaner Production*, 28, 56–62.

Chavalparit, O., & Ongwandee, M. (2009). Clean technology for the tapioca starch industry in Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 17(2), 105–110. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.03.001>

Chirinda, N., Carter, M. S., Albert, K. R., Ambus, P., Olesen, J. E., Porter, J. R., & Petersen, S. O. (2009). Emissions of nitrous oxide from arable organic and conventional cropping systems on two soil types. *"Agriculture, Ecosystems and Environment,"* 136, 199–208. <http://doi.org/10.1016/j.agee.2009.11.012>

Chuzel, G., Perez, D., Dufour, D., & Griffon, D. (1995). Amélioration technologique des équipements d'extraction d'amidon en Colombie= Technological improvement in starch extraction equipments in Columbia. *Editions ORSTOM*.

Cobana, M., & Antezana, R. (2007). Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. *Revista Boliviana de Química*, 24, 78.

Colin, X., Farinet, J.-L., Rojas, O., & Alazard, D. (2007). Anaerobic treatment of cassava starch extraction wastewater using a horizontal flow filter with bamboo as support. *Bioresource Technology*, 98(8), 1602–7. <http://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.06.020>

Da, G., Ferret, E., Marechal, P.-A., Thanh, M. Le, Marouze, C., & Dufour, D. (2010). Modeling small-scale cassava starch extraction. Simulation of the reduction of water consumption through a recycling process. *Process Biochemistry*, 45(11), 1837–1842. <http://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.001>

Durango, N., Bula, A., Moreno, Y., & Pérez, H. (2005). Análisis y caracterización de las variables que inciden en el proceso de secado artificial de yuca en un modelo de secador de flujo radial. (Spanish). *Ingeniería y Desarrollo*, (18), 105–116.

Ecoinvent. (2018). Ecoinvent Version 3.4. Retrieved May 22, 2018, from <https://www.ecoinvent.org/database/database.html>

Eduardo, F.-R. C. (2010). Avaliação do impacto ambiental de uniões roscadas em bronze mediante a análise do ciclo de vida (ACV) de produtos. *Ingeniería y Desarrollo y Universidad*, 14(2).

Finkbeiner, M., Inaba, A., Tan, R., Christiansen, K., & Klüppel, H.-J. (2006). The New International Standards for Life Cycle Assessment: ISO 14040 and ISO 14044. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 11(2), 80–85. <http://doi.org/10.1065/lca2006.02.002>

Gerbinet, S., Belboom, S., & Léonard, A. (2014). Life Cycle Analysis (LCA) of photovoltaic panels: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 747–753. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.043>

Gottret, M., Henry, G., & Dufour, D. (2003). Caracterización de la agroindustria de procesamiento de almidón agro en el departamento del Cauca. *Colombia: Proyecto de Desarrollo de Agroempresas Rurales, Centro Internacional de Agricultura Tropical*,

Palmira, 21p.

- Guinée, J. B., Gorée, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., De Koning, A., ... others. (2001). Life cycle assessment; An operational guide to the ISO standards; Parts 1 and 2. *Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment (VROM) and Centre of Environmental Science (CML), Den Haag and Leiden, The Netherlands.*
- Hansupalak, N., Piromkraipak, P., Tamthirat, P., Manitsorasak, A., Sriroth, K., & Tran, T. (2016). Biogas reduces the carbon footprint of cassava starch: a comparative assessment with fuel oil. *Journal of Cleaner Production*, 134, 539–546.
- Hoekstra, A. Y. (2003). Virtual water: An introduction. *Virtual Water Trade*, 13.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. (2018). Direct Global Warming Potentials - AR4 WGI Chapter 2: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. Retrieved May 23, 2018, from https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html
- International Standard Organisation (ISO). (2006a). ISO 14040. *Environmental Management--Life Cycle Assessment--Principles and Framework*, International Organisation for Standardization, Geneva, Switzerland.
- International Standard Organisation (ISO). (2006b). ISO 14044. *Environmental Management — Life Cycle Assessment — Requirements and Guidelines*.
- International Standard Organisation (ISO). (2014). ISO 14046. *Environmental Management — Water Footprint — Principles, Requirements and Guidelines*.
- Kanto, U., Jutamanee, K., Osotsapar, Y., & Jattupornpong, S. (2012). Effect of swine manure extract on leaf nitrogen concentration, chlorophyll content, total potassium in plant parts and starch content in fresh tuber yield of cassava. *Journal of Plant Nutrition*, 35(5), 688–703.
- Krozer, J., & Vis, J. C. (1998). How to get LCA in the right direction? *Journal of Cleaner Production*, 6(1), 53–61.
- Leng, R., Wang, C., Zhang, C., Dai, D., & Pu, G. (2008). Life cycle inventory and energy analysis of cassava-based Fuel ethanol in China. *Journal of Cleaner Production*, 16(3), 374–384.
- Lovarelli, D., Bacenetti, J., & Fiala, M. (2016). Water Footprint of crop productions: A review. *The Science of the Total Environment*, 548–549, 236–251. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.022>
- Manzano, T. E., & Núñez, X. O. (2017). Desarrollo de factores de emisión específicos para el programa HuellaChile. *Santiago*.
- Marmolejo, L., Pérez, A., Torres, P., Cajigas, Á., & Cruz, C. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos generados en pequeñas industrias de almidón agro de yuca. *Livestock Research for Rural Development*, 20(7).
- Nguyen, T. L. T., & Gheewala, S. H. (2008a). Fossil energy, environmental and cost

- performance of ethanol in Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 16(16), 1814–1821.
- Nguyen, T. L. T., & Gheewala, S. H. (2008b). Life cycle assessment of fuel ethanol from cassava in Thailand. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(2), 147–154.
- Nguyen, T. L. T., Gheewala, S. H., & Garivait, S. (2007a). Energy balance and GHG-abatement cost of cassava utilization for fuel ethanol in Thailand. *Energy Policy*, 35(9), 4585–4596. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.03.012>
- Nguyen, T. L. T., Gheewala, S. H., & Garivait, S. (2007b). Full chain energy analysis of fuel ethanol from cassava in Thailand. *Environmental Science & Technology*, 41(11), 4135–4142.
- Notarnicola, B., Salomone, R., Petti, L., Renzulli, P. A., Roma, R., & Cerutti, A. K. (Eds.). (2015). *Life Cycle Assessment in the Agri-food Sector*. Cham: Springer International Publishing. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-11940-3>
- Olukunle, O. J., & Olukunle, O. F. (2007). Development of a sustainable system for cassava starch extraction. In *Conference on International Agricultural Research for Development, University of Kassel-Witzenhausen and University of Göttingen*.
- Papong, S., & Malakul, P. (2010). Life-cycle energy and environmental analysis of bioethanol production from cassava in Thailand. *Bioresource Technology*, 101 Suppl(1), S112-8.
- Pigtrap, C. (2018). Stylosanthes and cassava leaves, http://pigtrap.cirad.fr/subjects/animal_nutrition/. Retrieved from <http://pigtrap.cirad.fr/content/pdf/1026>
- Sena Aquino, A. C. M., Pereira, J. M., Watanabe, L. B., & Amante, E. R. (2013). Standardisation of the sour cassava starch reduces the processing time by fermentation water monitoring. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(9), 1892–1898.
- Torres, P., Rodríguez, J., & Rojas, O. (2005). Extracción de almidón de yuca. Manejo integral y control de la contaminación hídrica. *CIPAV Livestock Research for Rural Development*, 17.
- Torres, P., Rodríguez, J., & Uribe, I. (2003). Tratamiento de aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca en filtro anaerobio: influencia del medio de soporte. *Scientia et Technica*, 3(23).
- Tran, T., Da, G., Moreno-Santander, M. A., Vélez-Hernández, G. A., Giraldo-Toro, A., Piyachomkwan, K., ... Dufour, D. (2015). A comparison of energy use, water use and carbon footprint of cassava starch production in Thailand, Vietnam and Colombia. *Resources, Conservation and Recycling*, 100, 31–40. <http://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.04.007>
- Usubharatana, P., & Phungrassami, H. (2015). Carbon footprint of cassava starch production in North-Eastern Thailand. *Procedia CIRP*, 29, 462–467.

- Comercialización de Almidón Agrio de Yuca: Adopción e Impacto.” <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/72050> (May 22, 2017).
- Gottret, M, G Henry, and D Dufour. 2003. “Caracterización de La Agroindustria de Procesamiento de Almidón Agrio En El Departamento Del Cauca.” *Colombia: proyecto de desarrollo de agroempresas rurales, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Palmira, 21p.*
- Sandoval Sierra, NV. 2002. “El Sistema Agroalimentario Localizado de Producción de Almidón Agrio de Yuca En El Departamento Del Cauca, Colombia.” <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/56140> (May 22, 2017).
- Torres, P., J. Rodriguez, and I. Uribe. 2003. “Tratamiento de Águas Residuales Del Proceso de Extracción de Almidón de Yuca En Filtro Anaerobio: Influencia Del Medio de Soporte.” *Scientia et Technica* 3(23).
- Torres, P et al. 2010. “Una Mirada a La Agroindustria de Extracción de Almidón de Yuca, Desde La Estandarización de Procesos.” *EIA* 14(1794–1237): 23–38.
- Tran, Thierry et al. 2015. “A Comparison of Energy Use, Water Use and Carbon Footprint of Cassava Starch Production in Thailand, Vietnam and Colombia.” *Resources, Conservation and Recycling* 100: 31–40. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344915000853> (August 16, 2015).
- Vergara, Jose R Gamarra. 2007. *La Economía Del Departamento Del Cauca: Concentración de Tierras y Pobreza*. 95th ed. ed. Banco de la República. http://www.banrep.org/docum/Lectura_finanzas/pdf/DTSER-95.pdf (May 23, 2017).